

Zur Erforschung der polaren troposphärischen Grundsicht vor dem Zweiten Internationalen Polarjahr 1932/1933

Bernhardt, Karl-Heinz

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Bernhardt, K.-H. (2008). Zur Erforschung der polaren troposphärischen Grundsicht vor dem Zweiten Internationalen Polarjahr 1932/1933. *Deutsches Schiffsarchiv*, 31, 434-448. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-65948-0>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

► KARL-HEINZ BERNHARDT

Zur Erforschung der polaren troposphärischen Grundsicht vor dem Zweiten Internationalen Polarjahr 1932/1933

Einleitung

Die 50. Wiederkehr des Beginns des Internationalen Geophysikalischen Jahres (IGY) und zugleich der Eröffnung des Raumfahrtzeitalters im Jahre 1957 bezeichnet auch die 125- bzw. 75-jährigen Jubiläen der Internationalen Polarjahre 1882/1883 und 1932/1933. Im Anschluss an eine vorangegangene Arbeit¹ soll im Folgenden über ein Detail aus der Geschichte der Grundsicht- und zugleich der Polarforschung berichtet werden: über die Erforschung der polaren troposphärischen Grundsicht im Zeitraum zwischen den beiden ersten Internationalen Polarjahren.

Die Zeitspanne zwischen 1882/1883 und 1932/1933 ist durch eine stürmische Entwicklung der aerologischen Aufstiegs technik gekennzeichnet. Das Programm des Ersten Internationalen Polarjahres umfasste ausschließlich Bodenbeobachtungen in der Arktis und Subantarktis²; der antarktische Kontinent selbst war noch von keines Menschen Fuß betreten worden. Zwar hatten nach Baschin und Samoilowitsch³ bereits während der Fahrt der französischen Korvette LA RECHERCHE 1838–1840 im Raum Spitzbergen Fesselballonaufstiege zu meteorologischen Beobachtungszwecken stattgefunden und die dritte Polarkonferenz in St. Petersburg im August 1881 unter den *optional observations* für das bevorstehende Polarjahr auch *additional observations of variations of temperature with height* empfohlen, doch blieb es in dieser Hinsicht praktisch bei bodengebundenen Temperaturmessungen längs geneigter Gelände profile im Rahmen der französischen Expedition nach Feuerland sowie bei Windmessungen auf Hügeln in der näheren Umgebung der Standorte einiger weiterer Expeditionen.⁴

Ein halbes Jahrhundert danach, zu Beginn des Zweiten Internationalen Polarjahres, hatten die Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten (1888–1899) eine neue Etappe in der Erkundung der freien Atmosphäre eingeleitet, die besonders mit der Gründung der Internationalen Aeronautischen Kommission (1896) Ländergrenzen zu überschreiten begann.⁵ Die 1892 begonnene Verwendung unbemannter Registrierballone hatte, ebenso wie die aerologische Fessel aufstiegs technik, an den ersten aerologischen Observatorien⁶ bzw. Drachenstationen⁷ einen festen Platz gefunden.

Auf der ersten Sitzung der Internationalen Kommission für das Zweite Polarjahr in Lenin grad schließlich demonstrierte Moltchanoff im August 1930 die von ihm entwickelte Radiosonde⁸, mit der bereits am 16. Januar 1931 Messwerte auch aus der polaren Stratosphäre gewonnen werden konnten⁹, womit ein neues aerologisches Forschungsmittel geschaffen war, das – wie auch das Flugzeug für meteorologische Messungen – im Zweiten Polarjahr zum Einsatz kam¹⁰,

nachdem Radiosonden auch auf der Arktisfahrt des Luftschiffes GRAF ZEPPELIN im Juli 1931 erprobt worden waren.¹¹

Am Anfang der Erforschung der polaren Atmosphäre aber standen naturgemäß die klassischen Aufstiegsverfahren, deren Protagonisten – wie Berson, Hellmann, Rotch oder Teisserenc de Bort – zugleich Pioniere dieser Technik unter Expeditionsbedingungen waren.

Untersuchungen im Nordpolargebiet

Auch nach dem Ersten Polarjahr wurden für das Studium der Abhängigkeit meteorologischer Parameter – etwa Lufttemperatur, -feuchte und Wind – von der Höhe zunächst nur Bodenbeobachtungen in gegliedertem Gelände durchgeführt. So benutzte Hermann Stade¹² Beobachtungen, die während der von Erich von Drygalski geleiteten Grönlandexpedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin (1891–1893) an der Station Karajak am Umanak-Fjord, auf benachbarten Bergen und auf dem Inlandeis oberhalb der Station sowie an weiteren Stationen an der grönländischen Westküste angestellt worden waren, um 23 Föhnperioden vom August 1892 bis Juli 1893¹³ auf die Veränderungen von Temperatur und Feuchte mit der Höhe zu analysieren. Die Ergebnisse zeigten weitgehende Analogien zum alpinen Föhn und wurden von Stade als Bestätigung der thermodynamischen Föhntheorie Julius Hanns¹⁴ gewertet, die in jener Zeit noch keineswegs unumstritten war, auch nicht in ihrer Anwendung auf den von Heinrich Rink schon in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts beschriebenen Föhn an der Westküste Grönlands. Über ähnliche Föhn- und Inversionsbeobachtungen an einem Berghang unter Winterbedingungen (November 1907 bis Mai 1908) während der DANMARK-Expedition 1906–1908 nach Nordostgrönland berichteten unter anderem Walther Brand und Alfred Wegener.¹⁵

Die ersten Vertikalsondierungen der Atmosphäre im Polargebiet dürften Arthur Berson und Hermann Elias, zu der Zeit Mitarbeiter am Aeronautischen Observatorium Tegel des Preußischen Meteorologischen Instituts, ausgeführt haben (vgl. Abb. 1), und zwar im August 1902 mit Hilfe von Drachen und einem Marvin'schen Baro-Thermo-Hygro-Anemographen während einer Urlaubsreise nach Spitzbergen von Bord der OIHONNA, *eines unter stets feststehender Richtung und Geschwindigkeit zu Vergnügungszwecken, mit 60 Passagieren beiderlei Geschlechts an Bord, fahrenden Dampfschiffes*, unter tätiger Mithilfe der betuchten Kreuzfahrtpassagiere.¹⁶ Die insgesamt 23 Aufstiege bis in über 76° nördlicher Breite zeigten neben aufliegenden Inversionen, aber auch überadiabatischen Schichtungen über der Meeresoberfläche mehrfach Inversionen mit Feuchteabnahme an der Obergrenze tiefliegender Stratusdecken, die die Autoren ausführlich beschrieben, mit analogen Erfahrungen der Ballonfahrer in mittleren Breiten verglichen und in ihrer Bedeutung für den thermischen Aufbau der polaren Atmosphäre und deren allgemeine Zirkulation diskutierten. Einige der genannten Vertikalprofile entsprechen dem von Karl Schneider-Carius¹⁷ in seiner Systematik der Grundsichttypen aufgeführten und dem *sommerlichen Stratus im Nordpolarbecken* zugeordneten *Hochnebeltyp B* der troposphärischen Grundsicht.¹⁸

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Hugo Hergesell, der erste Präsident der im Jahre 1896 gegründeten Internationalen Aeronautischen Kommission, auf der Grundlage von insgesamt 29 Drachen-, Fessel- und Registrierballonaufstiegen zuzüglich etwa 40 Pilotballonaufstiegen, die unter seiner Leitung in den Monaten Juli bis September der Jahre 1906 und 1907 von Bord der Jacht PRINCESSE ALICE des Fürsten von Monaco bzw. im Jahre 1910 an Bord der MAINZ, eines Dampfers des Norddeutschen Lloyd, im Europäischen Nordmeer, vor allem im Seegebiet um Spitzbergen bis in über 79° nördlicher Breite ausgeführt wurden.¹⁹

Der Aufstieg von Registrierballonen auf See folgte dem schon von Hergesell²⁰ beschriebenen Verfahren der Verwendung zweier geschlossener Gummiballone, von denen der eine in einer

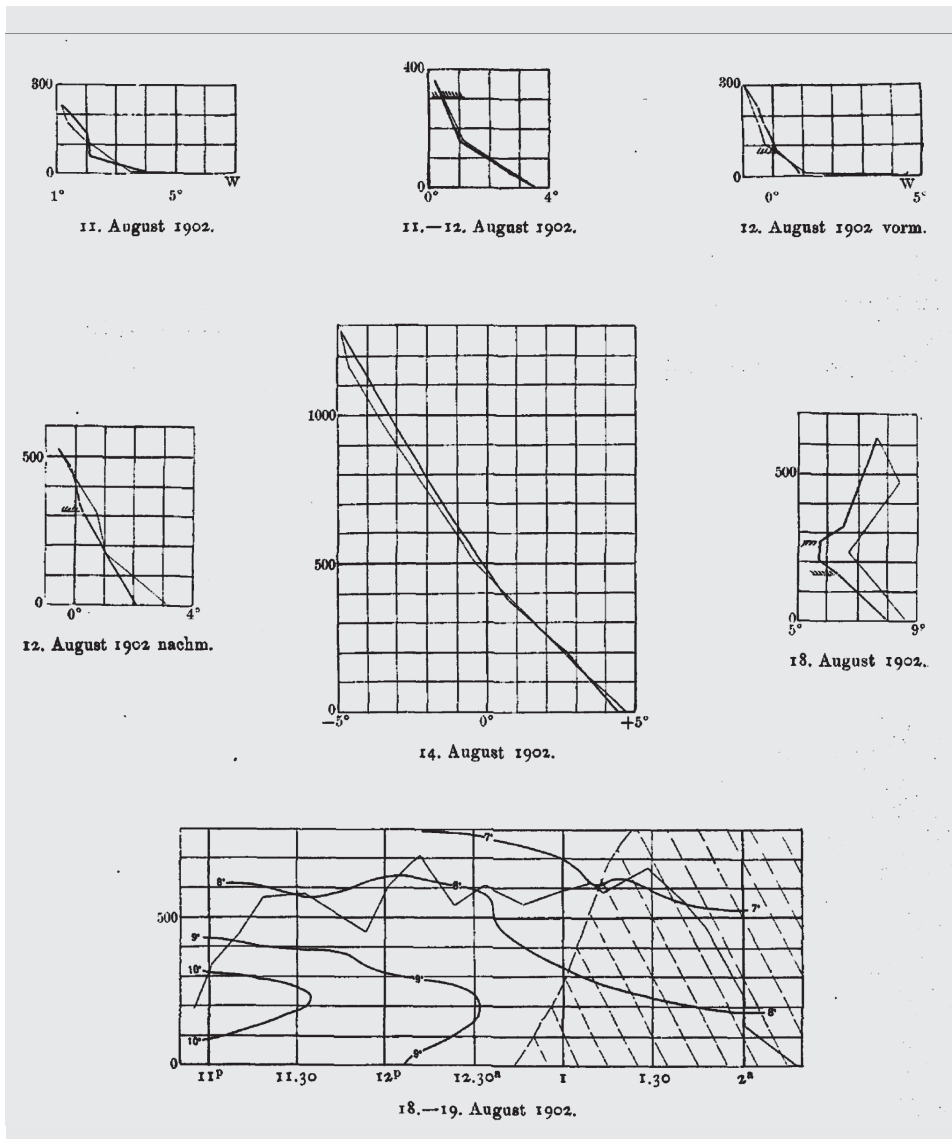


Abb. 1 Vertikale Temperaturprofile nach Drachenaufstiegen von Bord der OIHONNA auf einer Fahrt nach Spitzbergen im August 1902 (nach Berson/Elias (wie Anm. 16)). Isothermenverlauf in einem norwegischen Fjord im unteren Teil der Abbildung.

bestimmten Höhe platzt oder mittels eines uhrgesteuerten Mechanismus vom Gespann abgetrennt wird, das daraufhin am zweiten Ballon absinkt, von einem Schwimmer an der Wasseroberfläche gehalten und durch den über ihm stehenden zweiten Ballon weithin sichtbar gemacht wird, so dass das Registriergerät schließlich vom Expeditionsschiff geborgen werden kann. Mittels dieser Technik konnten weitaus größere Höhen als durch Drachen oder Fesselballone und zweimal sogar die polare Stratosphäre (in 9630 m bzw. 10830 m Höhe) erreicht werden, wobei das Registriergerät im Falle eines dieser beiden Aufstiege (7. September 1906), der

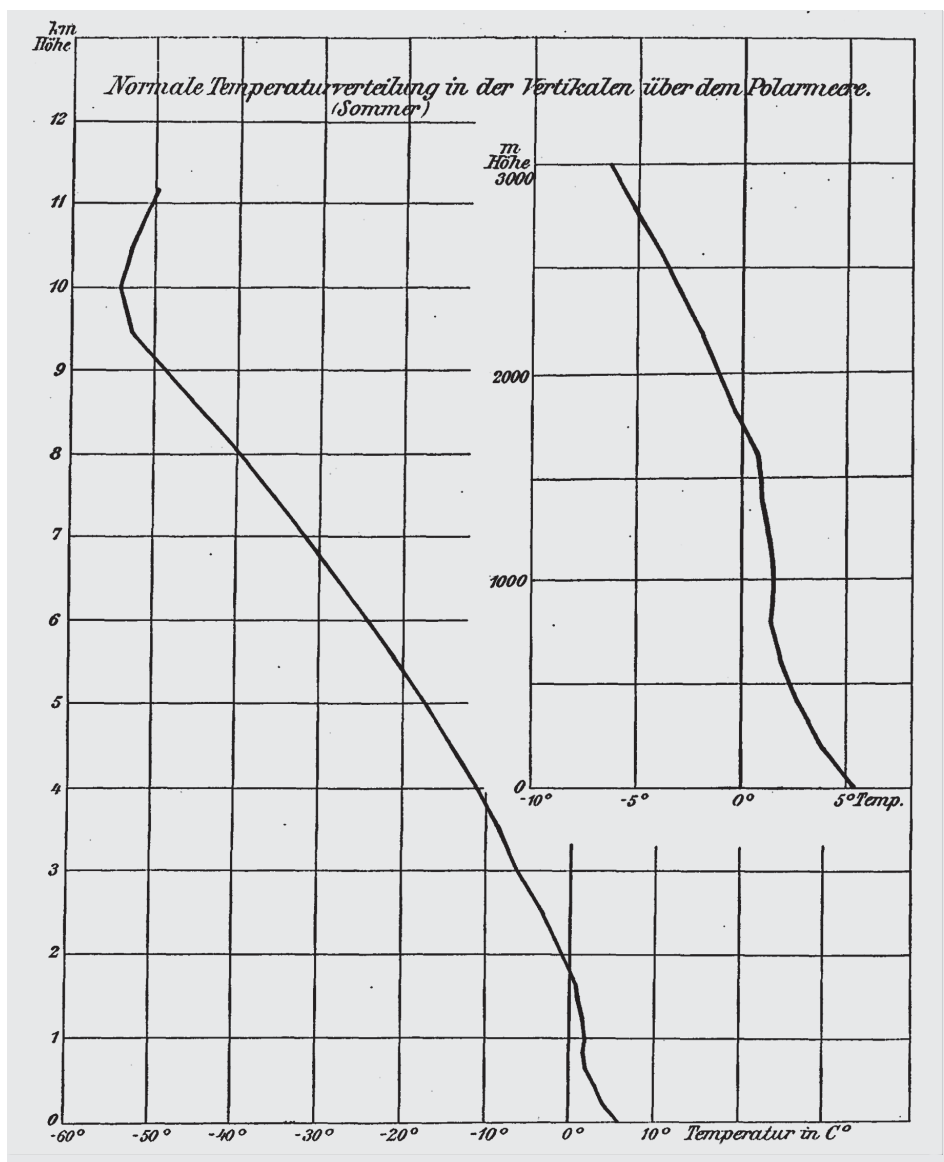


Abb. 2 Mittleres vertikales Temperaturprofil über dem Europäischen Nordmeer nach Drachen-, Fessel- und Registrierballonaufstiegen in den Monaten Juli bis September der Jahre 1906, 1907 und 1910 (nach Hergesell 1914 [wie Anm. 19]).

bis auf 16 600 m Höhe geführt hatte, erst nahezu drei Jahre später zufällig auf einem Gletscher gefunden wurde.

Bei der Diskussion der Aufstiegsdaten ging Hergesell Jahre später besonders auf die zahlreichen Temperaturinversionen in den unteren Niveaus ein, die regelmäßig über der Obergrenze der Stratusdecken lagen, aber auch nach deren Auflösung offensichtlich noch eine Zeit lang fortbestanden.²¹ In einer graphischen Darstellung der mittleren vertikalen Temperaturverteilung über alle Aufstiege (mittlere geographische Koordinaten 77,7° N, 12,5° E) zeigen sich die

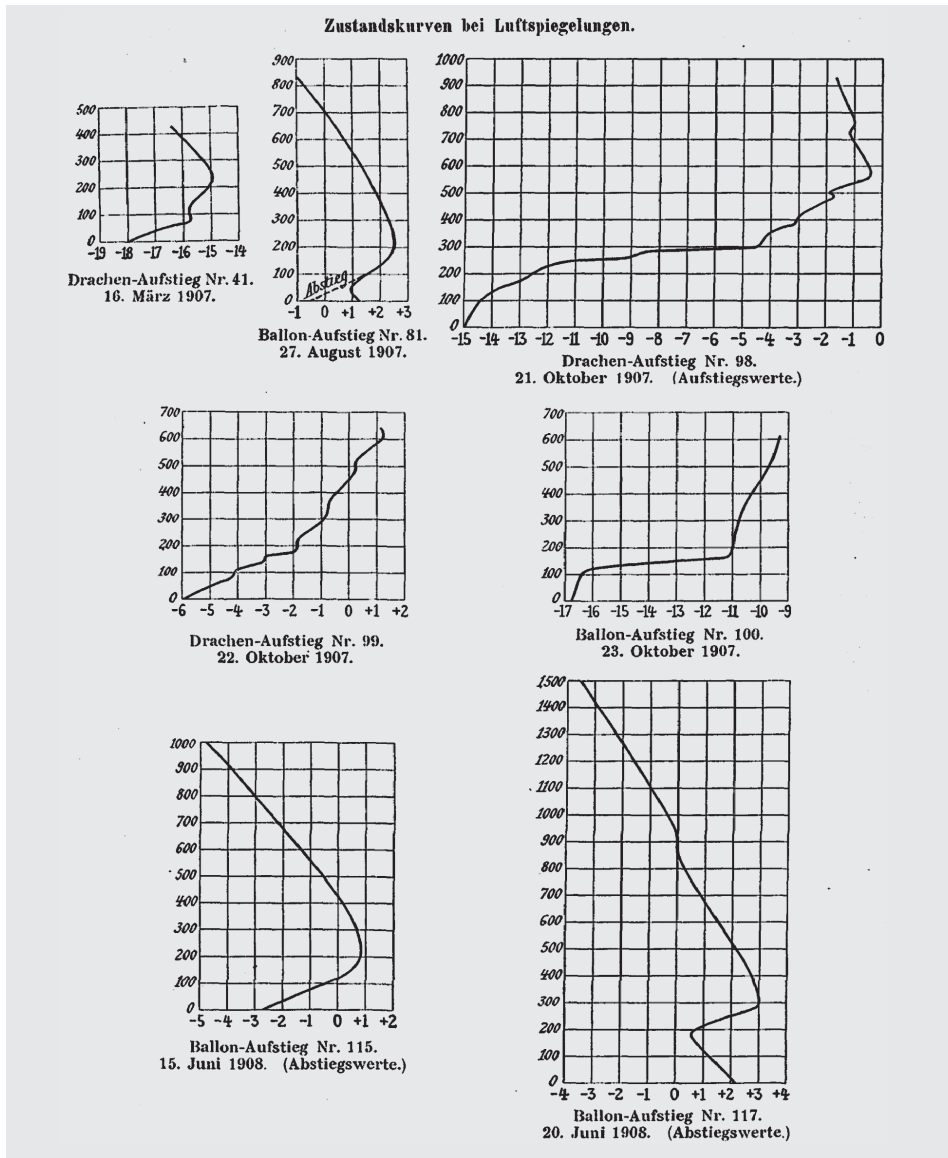


Abb 3 Vertikale Temperaturprofile beim Auftreten von Luftspiegelungen während der DANMARK-Expedition (1906–1908) nach Nordostgrönland (nach Wegener, Drachen- und Fesselballonaufstiege [wie Anm. 24]).

Temperaturinversionen in einer leichten Temperaturzunahme ab etwa 800 m Höhe bzw. einer im Mittel nahezu isothermen Schicht zwischen 600 m und 1600 m Höhe, über der die Nullgradgrenze erst in ca. 1700 m Höhe erreicht wird (Abb. 2); der steile Temperaturgradient in den untersten 200 m wurde der relativ hohen sommerlichen Wassertemperatur in der Umgebung Spitzbergens zugeschrieben.

In Gestalt der *lokalen Winde* beschrieb Hergesell²² auf Basis des aerologischen Beobachtungsmaterials ein weiteres Grundsichtphänomen, den Kaltluftabfluss über geneigtem Gelände

(die später sogenannten katabatischen Winde). Der Autor fand diese Winde an den Küsten Spitzbergens bzw. in deren Buchten vor, wo sie *kaum einige hundert Meter* mächtig waren, tags wie nachts vom gletscherbedeckten Inselinneren wehten, in kurzer Entfernung auf dem Meer verschwanden und am stärksten bei heiterem Wetter ausgebildet waren, an Nebeltagen dagegen mitunter völlig aussetzten. Ihre Ursache erblickte Hergesell zutreffend im *Gegensatz der Temperierung zwischen Land und See* und bemerkte in diesem Sinne auch, dass sie am kräftigsten wehten, wenn die Luftspiegelungen über den warmen Küstengewässern am deutlichsten wahrgenommen werden konnten.

Die Beschränkung der Bordaufstiege auf wenige Sommermonate führte zu Überlegungen hinsichtlich der Einrichtung einer ständigen Station auf Spitzbergen, über deren Arbeiten in den Jahren 1911–1914 Cornelia Lüdecke berichtet hat²³, wie auch über die vorangegangenen aerologischen Untersuchungen Alfred Wegeners in Ostgrönland, die – annähernd zeitgleich mit den oben referierten Schiffsbeobachtungen Hergesells angestellt – die ersten derartigen Aufstiege über arktischem Festland gewesen sein dürften. Die ausführliche Bearbeitung dieser 125 Drachen- und Fesselaufstiege der DANMARK-Expedition nach Ostgrönland durch Wegener²⁴ erbrachte Aufschlüsse über Wind- und Temperaturschichtungen im Grundsichtbereich, darunter im Zusammenhang mit Luftspiegelungen (Abb. 3), sowie das bemerkenswerte Resultat eines häufigen Vorkommens von Wolkenober- bzw. Inversionsuntergrenzen im Niveau zwischen 1000 m und 1500 m, also neben den häufigen Inversionstypen auch den »Normaltyp« der Grundsicht mit *Peplopause*²⁵, den bereits August Schmauß²⁶ in einer Rezension als *universelle Erscheinung* angesehen hatte (vgl. Abb. 4).

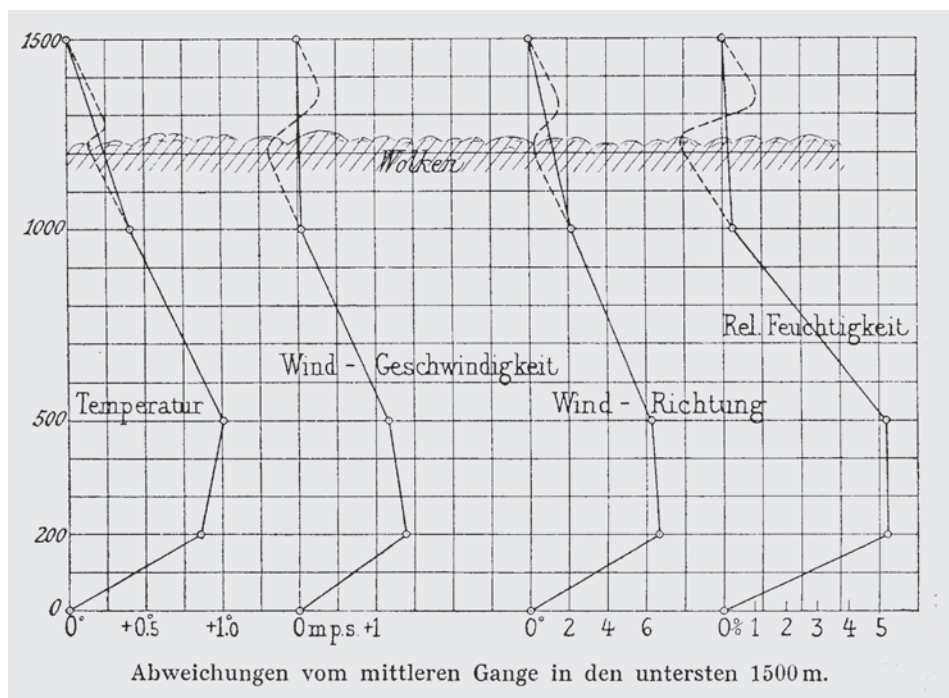


Abb. 4 Vertikalprofile der Abweichungen (!) vom mittleren (d.h. linearen) Verlauf von Temperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung sowie relativer Feuchte über Nordostgrönland nach Drachen- und Fesselballonaufstiegen während der DANMARK-Expedition (1906–1908; nach Wegener, Drachen- und Fesselballonaufstiege (wie Anm. 24)).

Aus dem Nordpolargebiet sind schließlich noch die insgesamt 140 Drachenaufstiege aus den Jahren 1922–1925 zu nennen, die auf der norwegischen Nordpolarexpedition (1918–1925) während der Drift von Roald Amundsens MAUD im Packeis und am Winterquartier in Four Pillard Island ausgeführt, von Sverdrup²⁷ in extenso mitgeteilt, kommentiert und mit russischen Fesselballon- bzw. Drachenaufstiegen am Kap Chelyuskin (Februar/März 1919) bzw. von Bord des Eisbrechers TAIMYR (1914/1915) verglichen wurden. Ergebnisse der Sverdrup'schen Bearbeitung der vertikalen Temperatur- und Windverteilung hat Schneider-Carius²⁸ zur Charakterisierung des Aufbaus der Grundschrift über dem nördlichen Eismeer verwendet.

Untersuchungen im Südpolargebiet

Während die frühen aerologischen Aktivitäten im Nordpolargebiet weithin bekannt und gut dokumentiert sind, haben die Anfänge der aerologischen Erforschung des Südpolargebietes in der meteorologiehistorischen Literatur weniger Beachtung gefunden. Nach offenbar wenig erfolgreichen Drachen- und Fesselballonaufstiegsversuchen von Bord der GAUSS während der Anreise der Ersten Deutschen Südpolarexpedition 1901–1903²⁹ fand am 2. März 1902 in der Nähe des im Packeis eingefrorenen Schiffes bei einer windschwachen Inversionswetterlage der vermutlich erste bemannte Fesselballonaufstieg (Erich von Drygalski) mit einem meteorologischen Messgerät im Südpolargebiet statt.³⁰

Auf der Zweiten Britischen Antarktisexpedition (1910–1913) unter Robert Falcon Scott hat George Clarke Simpson von Kap Evans am McMurdo-Sund aus vier Registrierballonaufstiege unter winterlichen (August 1911) und sechs Aufstiege unter sommerlichen Schichtungsbedingungen (November/Dezember 1911) ausgeführt³¹, deren Ergebnisse aufmerksam rezipiert und diskutiert wurden.³² Während die Sommeraufstiege eine durchgängige, aber zwischen 2000 m und 4000 m abgeschwächte Temperaturabnahme mit der Höhe erkennen ließen, zeigten die winterlichen Temperaturprofile eine bis etwa 1000 m Höhe reichende Temperaturinversion von im Mittel 5 °C, im Einzelfall 10 °C, allerdings in allen Fällen aufgrund der Aufstiegsteknik – das vom Ballon automatisch abgetrennte Messgerät schwebte an einem luftgefüllten Gummiballon zur Erde – bei schwachwindigen Wetterlagen. Andererseits hat Simpson auch detailliert die Blizzards beschrieben, in denen er die Hauptursache für den Untergang der Gruppe um den Expeditionsleiter erblickte.³³ Dabei bemerkte er eine sehr viel größere Häufigkeit im Auftreten der Blizzards sowohl an Scotts Basisstation am Kap Evans als auch auf Scotts Route zum Südpol, verglichen mit Amundsens Basis »Framheim« – wie Scotts Ausgangsbasis am Rande des Ross-Schelfeises auf annähernd gleicher geographischer Breite, aber etwa 400 Meilen ostwärts gelegen – und dessen Reiseweg zum Pol. Den im Winter mit dem Einsetzen des Blizzards verbundenen Temperaturanstieg erklärte er mit der Aufwirbelung und Verdrängung der unter windschwachen Ausstrahlungsbedingungen in Bodennähe extrem kalten Luft durch den stürmischen (Süd-)Wind, der im Gegensatz dazu in den Sommermonaten die Lufttemperatur über dem Schelfeis sinken lässt (Abb. 5).

Erich Barkow, der die meteorologischen Beobachtungen der Scott'schen Expedition ausführlich diskutierte und mit denen Amundsens verglich³⁴, kam bereits zu dem Schluss, dass *über der Eisplatte im Winter eine außerordentlich große Temperaturumkehrung herrscht*.³⁵ Ihm selbst waren auf der Zweiten Deutschen Antarktisexpedition (Wilhelm Filchner) während des Aufenthaltes des Expeditionsschiffes DEUTSCHLAND in der Vahselbucht (30. Januar bis 4. März 1912) und der anschließenden, fast ein Jahr währenden Drift im Packeis des Weddell-Meeres (um 74° S) an insgesamt 209 Tagen 122 Drachen-, 13 Fesselballon- und 120 Pilotballonaufstiege gelungen. Die vorläufige und die posthum veröffentlichte ausführliche Bearbeitung des Datenumaterials durch Barkow³⁶ – der Autor erlag im 41. Lebensjahr am 7. Januar 1923 einer Grip-

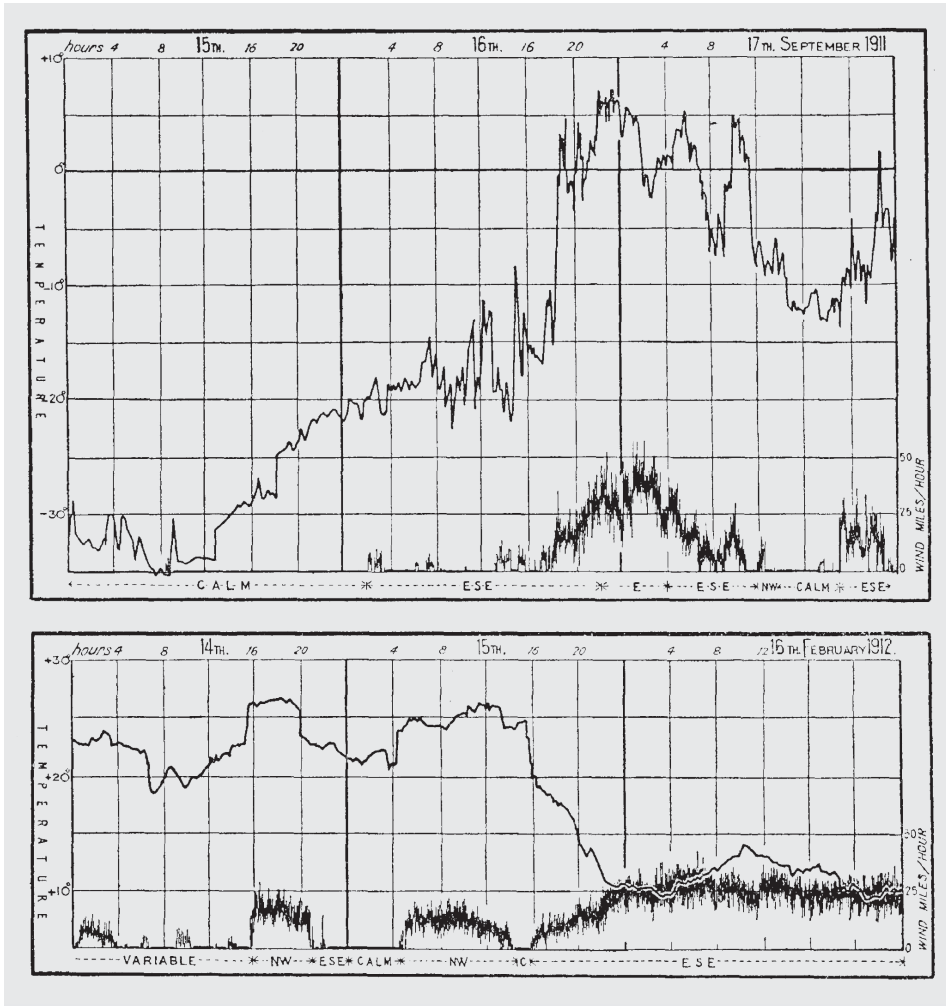


Abb. 5 Verlauf von Temperatur und Windgeschwindigkeit in Bodennähe bei einsetzendem Blizzard im antarktischen (Spät-)Winter 1911 (oben) bzw. Sommer 1912 (unten) am Kap Evans (nach Simpson 1926 [wie Anm. 33]).

pe³⁷ – lässt im Sinne der Schneider-Carius'schen Typologie jahreszeitabhängig sowohl Grundschichten vom Bodeninversionstyp mit oder ohne bodennahe Mischungsschicht mit charakteristischem Windprofil, häufig mit sekundärem Windmaximum an der Inversionsobergrenze, als auch höher gelegene Inversionsschichten erkennen, die einer Grundschicht vom Normaltyp zuzuordnen sind, letzteres z.B. bei den mittleren Profilen für den Sommer. Schneider-Carius selbst hat die mittlere Verteilung der meteorologischen Elemente über dem winterlichen Weddell-See nach Barkow als ein Beispiel für die polare Grundschicht wiedergegeben.³⁸

In der ausführlichen Diskussion in Barkows posthumer Schrift³⁹ sind u.a. mittlere vertikale Profile von Temperatur, relativer Feuchte, Windrichtung und -geschwindigkeit für Frühling, Sommer, Herbst und Winter, belegt durch jeweils 45, 9, 24 bzw. 50 Aufstiege, zu finden (Abb. 6). Ferner werden vier Inversionstypen untersucht, die sich zwanglos den Schneider-Carius'schen Typen A, A₁, C bzw. B zuordnen lassen. Auch das charakteristische winterlich-kontinentale ver-

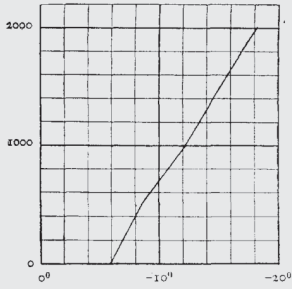


Fig. 2. Temperaturverteilung beim Drachenaufstieg vom 12. November 1912.
64° 3' S 37° 52' W

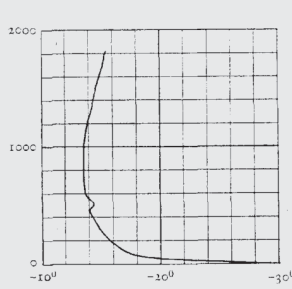


Fig. 3. Temperaturverteilung beim Drachenaufstieg vom 10. Juli 1912.
69° 25' S 44° 28' W

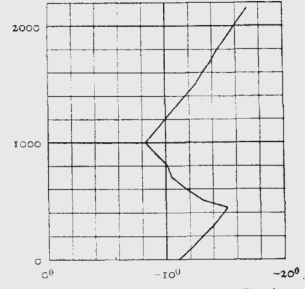


Fig. 4. Temperaturverteilung beim Drachenaufstieg vom 29. Oktober 1912.
65° 0' S 36° 10' W

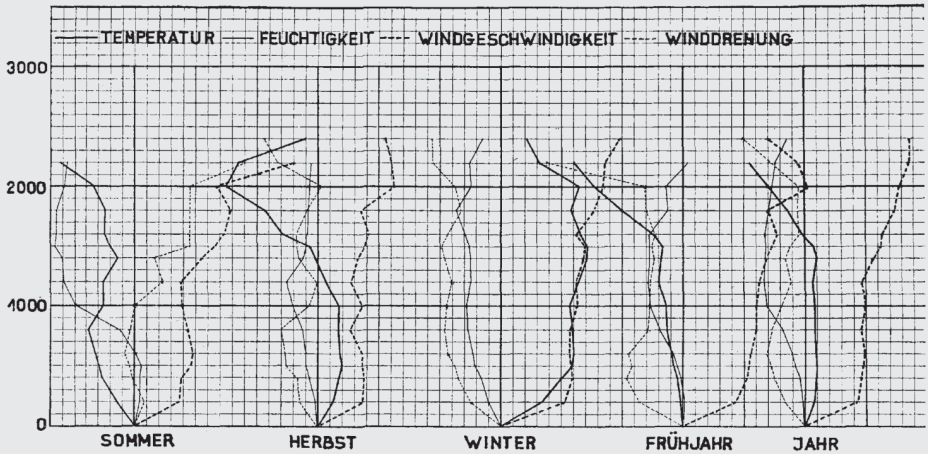


Fig. 14. Ergebnisse der Fesselaufstiege.

Ein Teilstrich = 1° C Temperatur, 10% Feuchtigkeit, 1 mps Windgeschwindigkeit, 5° Winddrehung.

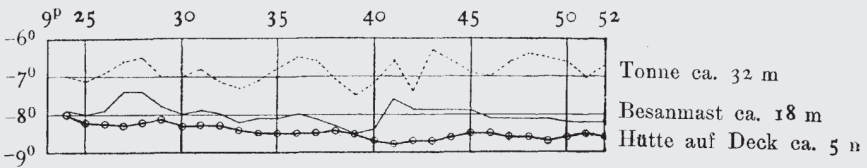


Fig. 8. Temperaturverhältnisse der untersten Luftschichten am 5. April 1912.

Abb. 6 Ausgewählte vertikale Temperaturprofile (oben), mittlere Vertikalprofile von Temperatur, relativer Feuchte, Windgeschwindigkeit und Winddrehung (Mitte) sowie Temperaturfluktuationen in unterschiedlichen Niveaus (unten) nach Beobachtungen von Bord der DEUTSCHLAND 1911 während der Zweiten Deutschen Antarktisexpedition (nach Barkow 1924 [wie Anm. 36]).

tikale Temperaturprofil der unteren Troposphäre, wie es Hermann Flohn⁴⁰ zwei Jahrzehnte später anhand aerologischer Aufstiege in Sibirien mit den Begriffen der *Bodeninversion* im engeren Sinne und der *Hauptinversion* beschrieben und auch am Beispiel von Sondierungen über Little America verifiziert hat⁴¹, ist in den Profildarstellungen Barkows bereits erkennbar. Beachtung verdienen auch Barkows Aussagen zur spezifischen Feuchte, die im oberen Teil der winterlichen Bodeninversionen annähernd höhenkonstant, in Bodennähe aber vermindert ist, so dass am Boden bei Eisübersättigung Sublimation stattfindet.⁴²

Barkows Feststellung, dass im Falle der kräftigsten Bodeninversionen die Temperatur in 1000 m Höhe von dem zufälligen Temperaturzustand in Bodennähe fast unabhängig ist, unterstreicht die Eigenstellung der Grundschrift vom Inversionstyp unter den gegebenen Bedingungen. Barkows Schlussfolgerungen über die Herkunft der in Küstennähe beobachteten Temperaturschichtung aus dem Inneren des antarktischen Kontinentes und über die dort zu erwartenden extremen Schichtungsverhältnisse fanden erst Jahrzehnte später, dank der Einrichtung ständiger aerologischer Aufstiegsstellen in der Folge des Internationalen Geophysikalischen Jahres, ihre Bestätigung, wofür etwa die Überblicksdarstellung von Werner Schwerdtfeger als Beispiel dienen kann: Hatte Barkow beispielsweise für den Monat Juli einen mittleren (Boden-)Inversionsbetrag von 11,6 °C gefunden, so sind für das Winterhalbjahr im Inneren des Kontinents mittlere Inversionsbeträge bis 20 °C oder 25 °C, im Einzelfall bis 30 °C und mehr charakteristisch.⁴³

Bemerkenswerterweise ist Barkow auch als Wegbereiter einer quantitativ-dynamischen Grenzschichtforschung, darunter unter polaren Expeditionsbedingungen, zu nennen: Nach ersten experimentellen Untersuchungen der als »Struktur des Windes« bezeichneten turbulenten Windgeschwindigkeits- und -richtungsschwankungen mittels mechanischer Messwertgeber am Meteorologisch-Magnetischen Observatorium Potsdam⁴⁴ hatte er auf thermoelektrischem Weg (Thermoelemente) turbulente Temperaturfluktuationen (thermische Struktur des Windes) studiert und dabei aus dem zeitlichen Abstand der Maxima in den Temperaturregistrierungen und der Windgeschwindigkeit, offensichtlich unter Vorwegnahme von Vorstellungen einer eingefrorenen Turbulenz⁴⁵, auf die Ausdehnung von Turbulenzkörpern geschlossen, deren Gestalt er zur thermischen Schichtung in Beziehung setzte.⁴⁶ Für die horizontale Ausdehnung der Turbulenzkörper in Analogie zur mittleren freien Weglänge fand er bei annähernd linearer Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit Werte im Deka- bis Hektometerbereich. Ganz im Sinne der späteren »Austausch«-Betrachtungen sah Barkow die schichtungsabhängige vertikale Bewegung der Turbulenzkörper als Ursache für die »Verklammerung« übereinander liegender Luftschichten, d.h. – auch unter Verweis auf Hesselberg und Sverdrup⁴⁷ – für die Reibung und damit auch für die Gestalt des vertikalen Windprofils an. Weiter schloss er auf eine mit der Schichtungsstabilität zunehmende Windänderung mit der Höhe, was er anhand der Bearbeitung von 90 Drachenaufstiegen der Deutschen Antarktischen Expedition für Windgeschwindigkeit und -richtung bis in 1000 m Höhe verifizieren konnte, die er der Temperaturdifferenz zwischen Boden und 500 m Höhe gegenüberstellte.⁴⁸ Als Grenzwert der Bodenwindgeschwindigkeit, bei der die »Aufarbeitung« – die schon von Simpson beschriebene Auflösung der Bodeninversion mit Temperaturanstieg am Boden – einsetzt, gab er 10–11 m/s an. Im Folgenden wird Tabelle 2 aus der Arbeit von Barkow⁴⁹ abschriftlich wiedergegeben:

Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe in Prozent des Bodenwindes nach den Drachenaufstiegen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911–1912

Temperaturdifferenz Boden bis 500 m Höhe	Aufstiegs- zahl	Bodenwind m/s	200	400	500	600	800	1000
≥ 4,0 °	3	5,7	38	47	44	50	47	49
2,0 ° bis 3,9 °	26	6,9	64	73	75	77	79	80
0,0 ° bis 1,9 °	17	7,2	65	69	61	70	54	70
–0,1 ° bis –2,0 °	11	7,2	81	95	93	86	76	110
–2,1 ° bis –5,0 °	12	6,1	93	118	116	115	112	108
–5,1 ° bis –10,0 °	14	5,4	103	116	113	115	113	113
>(–10,0 °)	7	4,9	119	113	103	99	108	111

Pionierarbeit hat Barkow schließlich mit mikrometeorologischen Profilmessungen im Polargebiet geleistet: Mittels fernabgelesener Widerstandsthermometer an der Eisoberfläche, in Wetterhütten auf dem Eis (1,8 m Höhe) und auf der Kommandobrücke (6 m Höhe) sowie an den Masten in 18 bzw. 32 m Höhe über der Eisfläche (Abb. 6, unten) untersuchte er das vertikale Temperaturprofil in Abhängigkeit von Bedeckungsgrad und Windgeschwindigkeit sowie die Höhenabhängigkeit der Tagesamplitude der Lufttemperatur.⁵⁰

Schlussbemerkungen

Wie oben dargelegt, wurden Grundzüge der vertikalen Struktur der polaren Troposphäre mittels klassischer aerologischer Aufstiegsverfahren auf Expeditionsunternehmen bereits in den ersten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts erschlossen, und zwar sowohl über dem eisfreien sommerlichen nördlichen Polarmeer als auch über dem Packeis und den Küstenregionen einschließlich des küstennahen Inlandeises im Nord- und Südpolargebiet, während das zentrale Nordpolarbecken sowie das Innere von Grönland und der Antarktis zunächst außerhalb des Bereiches aerologischer Forschung blieben (Antarktika im Wesentlichen bis zum Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/1958). Triebkräfte für die Expeditionsuntersuchungen waren neben wissenschaftlichen Interessen – so zur Aufklärung der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre im Polargebiet und des Verhaltens der im Jahre 1902 entdeckten »oberen Inversion« (Stratosphäre) in hohen Breiten – auch die Belange einer künftigen Luftfahrt im Polargebiet, wie z.B. an einer Expedition unter Teilnahme des Grafen Zeppelin im Sommer 1910 besonders deutlich wird.⁵¹

Hinsichtlich der Grundschrift im Sinne von Schneider-Carius⁵² erbrachten die obenstehend diskutierten Aufstiege neben der Struktur des Inversionstyps der Grundschrift, bei dessen erster Beschreibung Schneider-Carius⁵³ auf Datenmaterial von Barkow⁵⁴ zurückgriff, Belege für das Auftreten von Peopauseninversionen auch im Polargebiet, deren mittlere Höhe Schneider-Carius⁵⁵ auf 800–1200 m für das winterliche Weddellmeer und um 1200 m für Nordostgrönland gegenüber ca. 1400 m im mitteleuropäischen Raum veranschlagte. Cornelia Lüdecke⁵⁶ hat den Nachweis dieser Kontinuitätsfläche im Aufstiegsmaterial von Alfred Wegener⁵⁷ zu Recht hervorgehoben, die schon August Schmauß zu der Charakterisierung dieser häufig mit einer Stratocumulusobergrenze vergesellschafteten Schichtgrenze (»Wolkenetage«) als weltweites (*universelles*) Phänomen veranlasst hatte.⁵⁸

In der Tat hat die Auswertung aerologischer Daten aus und nach der Zeit des Internationalen Geophysikalischen Jahres dieses Bild zumindest auch für die antarktischen Küstengebiete bestätigt: So fand Schönermark⁵⁹ bei der Bearbeitung von Radiosondenaufstiegen der ostantarktischen Stationen Mawson, Davis, Mirny und Wilkes – sämtlich in der Nähe des Polarkreises gelegen – für das Jahr 1963 in ca. 60% aller Aufstiege Temperaturinversionen in einer mittleren Höhe von 1,5–1,6 km mit im Mittel 3 K Temperaturanstieg und Feuchterückgang mit der Höhe. An der Station Mirny – es standen die Ergebnisse von über 700 Radiosondenaufstiegen zur Verfügung – waren 95% aller Grundschrifttypen dem Normaltyp zuzurechnen. Bodeninversionen traten im Vergleich zu den Beobachtungen Barkows sehr viel seltener auf, waren aber, in Übereinstimmung mit den Berichten Voroncovs⁶⁰, auch bei den heftigen und böigen katabatischen Winden präsent, die die am Boden extrem kalte Luft vom Inlandeis mit sich führen, die höher gelegene Peopauseninversion offensichtlich nicht beeinflussen und nur wenige Kilometer auf das Meer hinausreichen, über dem daher die von Barkow beschriebenen andersartigen Zusammenhänge zwischen Bodeninversion und Windgeschwindigkeit herrschen.⁶¹ Die deutlichen Unterschiede zwischen dem Temperaturregime der unteren Troposphäre über den einzelnen Küstenabschnitten – etwa den Untersuchungsgebieten von Simpson und Barkow – und über

dem Inneren des antarktischen Kontinents werden aus den Vertikalschnitten ersichtlich, die Nitzschke⁶², wiederum aufgrund von Beobachtungsdaten des Jahres 1963, konstruiert hat.

Was die im vorliegenden Beitrag mehrfach erwähnte Grundsichtskonzeption betrifft, so erblicken allerdings Börngen et al.⁶³ anlässlich des 50. Jahrestages des Erscheinens der bekannten Monographie von Schneider-Carius⁶⁴ *in der starken Ausrichtung auf den nicht permanent vorhandenen Konvektionsraum und die Peplopause als seine obere Begrenzung* einen entscheidenden Mangel, der die weitere Verwendung dieses Konzeptes nicht sinnvoll erscheinen lasse. Es ist demgegenüber jedoch zu bedenken, dass die schon den Aerologen des beginnenden 20. Jahrhunderts wohlbekannte und durch die aerologische Erforschung auch für die Polargebiete bestätigte weltweite Existenz einer solchen Schichtgrenze in nahezu allen Klimagebieten diese in den Rang einer globalen planetarischen Erscheinung erhebt.

Sicher war die Schneider-Carius'sche Konzeption im Wesentlichen phänomenologisch-beschreibender Natur, mehr dem Geist messender und vergleichender Naturforschung Humboldt'scher Prägung als den Maßstäben einer deduktiv-analytischen, mathematisch modellierenden Arbeitsweise verpflichtet. Die Schlussfolgerung sollte meines Erachtens sein, im Sinne einer Negation der Negation die moderne Grenzschichttheorie, für die wir im Hinblick auf die Behandlung einer typischen polaren Grenzschicht nur auf die Arbeit von Handorf⁶⁵ als einziges Beispiel verweisen, um all die Elemente zu bereichern, die das Konzept von Schneider-Carius auszeichneten: Realistische Modelle der allgemeinen Zirkulation (GCMs) müssten das weltweite Auftreten einer niedertroposphärischen Inversion in ihrer raumzeitlichen Verteilung ebenso wiedergeben wie deren Beziehungen zu Windfeld, Dunst- und Wolkenschichten oder die Besonderheiten der unteren Troposphäre im synoptischen Geschehen wie auch im statistischen Verhalten von Luftdruck, Temperatur, Feuchte und anderen Parametern. Eine Erdsystemmodellierung hätte dartüber hinaus die Rolle der atmosphärischen Grundsicht für die vertikale Gliederung der Vegetations- und Klimazonen und für zahlreiche komplexe Zustände und Prozesse im Lebensraum des Menschen einschließlich deren Veränderungen mit dem globalen Klimawandel adäquat widerzuspiegeln.

Anmerkungen:

- 1 Bernhardt, Karl-Heinz: Zur Entwicklung der Vorstellungen von der atmosphärischen Grundsicht vom 19. bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts. In: *Meteorologische Zeitschrift*, N.F. 6, 1997, S. 249–260.
- 2 Vgl. z.B. Corby, G.A.: The first International Polar Year (1882/83). In: *World Meteorological Organization Bulletin* 31, 1982, S. 197–214.
- 3 Baschin, Otto: Die Arktisfahrt des Luftschiffes »Graf Zeppelin«. In: *Die Naturwissenschaften* 20, 1932, S. 6–13; Samoilowitsch, Rudolf Lasarewitsch: Die Flüge in den Polargebieten und die Arktisfahrt des Luftschiffes »Graf Zeppelin« 1931. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, Ergänzungsheft 216, 1933, S. 9–32.
- 4 Vgl. Corby (wie Anm. 2).
- 5 Bernhardt, Karl-Heinz: Zur Erforschung der Atmosphäre mit dem Freiballon. Die Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten (1888–1899). In: *Dahlemer Archivgespräche* 6, 2000, S. 52–82; ders.: Die Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten und der Beginn der internationalen Zusammenarbeit zur Erforschung der freien Atmosphäre. In: *Dahlemer Archivgespräche* 10, 2004, S. 105–123.
- 6 Blue Hill bei Boston 1895, Trappes bei Paris 1896, Pavlovsk bei St. Petersburg 1897, Tegel bei Berlin 1900 bzw. Lindenberg 1905.
- 7 Groß-Borstel 1905 sowie am Bodensee 1908.
- 8 Korotkevich, E.S.: The Polar Regions in World Geophysical Programmes. In: *World Meteorological Organization Bulletin* 31, 1982, S. 231–234.
- 9 Moltchanoff, P.: Die Methode der Radiosonde und ein Versuch ihrer Anwendung bei der Erforschung der höheren Atmosphärenschichten in den Polarregionen. In: *Gerlands Beiträge zur Geophysik* 34, 1931, S. 36–56.
- 10 Vgl. Laursen, Viggo: The second International Polar Year, 1932–33. In: *World Meteorological Organization Bulletin* 31, 1982, S. 214–222.
- 11 Weickmann, Ludwig, und Moltchanoff, P.: Kurzer Bericht über die meteorologisch-aerologischen Beobachtungen auf der Polarfahrt des »Graf Zeppelin«. In: *Meteorologische Zeitschrift* 48, 1931, S. 409–414; Baschin (wie Anm. 3); Weickmann, Ludwig: Die meteorologischen Aufgaben bei der 1. Polarfahrt des »Graf Zeppelin« Juli 1931. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, Ergänzungsheft 216, 1933, S. 48–59; Börngen, Michael: Vor 75 Jahren: Die Arktisfahrt des LZ 127 »Graf Zeppelin« im Juli 1931. In: *Deutsche Briefmarken-Zeitung* 81, 2006, Nr. 15 (21. Juli), S. 8–13.

- 12 Stade, Hermann: Über Föhnerscheinungen an der Westküste Nord-Grönlands und die Veränderung der Lufttemperatur und Feuchtigkeit mit der Höhe. In: Grönland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1891–1893. Zweiter Band. Berlin 1897, S. 501–533.
- 13 Insgesamt 61 Tage.
- 14 Hann, Julius [Ferdinand von]: Zur Frage über den Ursprung des Föhns. In: Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie 1, 1866, S. 257–263; ders.: Der Föhn in den österreichischen Alpen. In: Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie 2, 1867, S. 433–445.
- 15 Brand, Walther, und Wegener, Alfred: Meteorologische Beobachtungen der Station Pustervig. In: Danmark-Ekspeditionen til Grönlands Nordøstkyst 1906–1908 under ledelse af L. Mylius-Erichsen, Bind II, Nr. 6. København 1912, S. 451–562.
- 16 Berson, Arthur, und Elias, Hermann: Bericht über Drachen-Aufstiege auf der Ostsee, den Norwegischen Gewässern und dem Nördlichen Eismeere, ausgeführt bei Gelegenheit einer Urlaubsreise nach Spitzbergen, an Bord des Vergnügungsdampfers »Oihonna«. In: Aßmann, Richard, und Berson, Arthur (Hrsg.): Ergebnisse der Arbeiten am Aeronautischen Observatorium, 1. Oktober 1901 bis 31. Dezember 1902. Berlin 1904, S. 1–20.
- 17 Schneider-Carius, Karl: Die Grundschicht der Troposphäre. Leipzig 1953.
- 18 Ebd., S. 25.
- 19 Hergesell, Hugo: Die Erforschung der freien Atmosphäre über dem Polarmeer. In: Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 2, 1906–1908, S. 96–98; ders.: Aerologische Studien im arktischen Sommer. In: Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 6, 1914, S. 224–261; Miethe, Adolf, und Hergesell, Hugo (Hrsg.): Mit Zeppelin nach Spitzbergen. Berlin u.a. 1911, insbesondere S. 262–282.
- 20 Hergesell, Hugo: Ballon-Aufstiege über dem freien Meere zur Erforschung der Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse sowie der Luftströmungen bis zu sehr großen Höhen der Atmosphäre. In: Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 1, 1904–1905, S. 200–204.
- 21 Hergesell 1914 (wie Anm. 19).
- 22 Hergesell 1906–1908 (wie Anm. 19), unverändert übernommen in den Aufsatz von 1914 (wie Anm. 19).
- 23 Lüdecke, Cornelia: Das Deutsche Observatorium in Ebeltoftshafen, Crossbai, Spitzbergen (1912–14). Ein Besuch im Sommer 2000. In: Mitteilungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft 2, 2001, S. 25–27; dies.: From the Bottom to the Stratosphere. Arctic Climate as seen from the 1st International Polar Year (1882–1883) until the End of World War II. In: Brönnimann, Stefan et al. (eds.): Climate Variability and Extremes during the Past 100 Years. Berlin 2007, S. 29–45. – Vgl. auch Rempp, Georg, und Wagner, Artur: Die Temperaturverhältnisse über Spitzbergen nach den Ergebnissen der Aufstiege mit freien Registrierballonen, Fesselballonen und Drachen während der Überwinterung in Adventbay 1911/12. (= Veröffentlichungen des Deutschen Observatoriums Ebeltoftshafen – Spitzbergen, H. 1). Braunschweig 1916; Wegener, Kurt, und Robitzsch, Max: Ergebnisse der Fesselaufstiege während der Überwinterung 1912/13. (= Veröffentlichungen des Deutschen Observatoriums Ebeltoftshafen – Spitzbergen, H. 4). Braunschweig 1916.
- 24 Wegener, Alfred: Vorläufiger Bericht über die Drachen- und Ballonaufstiege der Danmark-Expedition nach Nordostgrönland. In: Meteorologische Zeitschrift 26, 1909, S. 23–26; ders.: Drachen- und Fesselballonaufstiege. In: Danmark-Ekspeditionen til Grönlands Nordøstkyst 1906–1908 under ledelse af L. Mylius-Erichsen, Bind II, Nr. 1. København 1909, S. 5–75.
- 25 Im Sinne von Schneider-Carius (wie Anm. 17).
- 26 Schmauß, August: Alfred Wegener – Drachen- und Fesselballonaufstiege. København 1909. In: Meteorologische Zeitschrift 26, 1909, S. 573f.
- 27 Sverdrup, Harald Ulrik: The Norwegian North Polar Expedition with the "Maud" 1918–1925. Scientific Results. Vol. II: Meteorology. Part I: Discussion. Bergen 1933, S. 3–40.
- 28 Schneider-Carius (wie Anm. 17), S. 125ff.
- 29 Vgl. Dubois, Paul: Zur Geschichte der Technik aerologischer Fesselaufstiege. In: Hesse, Walter (Hrsg.): Handbuch der Aerologie. Leipzig 1961, S. 125–189, hier S. 151f.
- 30 Vgl. Meinardus, Wilhelm: Meteorologische Ergebnisse der Deutschen Südpolarexpedition 1901–1903. (= Deutsche Südpolarexpedition 1901–1903. Hrsgg. von Erich von Drygalski. Bd. 3: Meteorologie, Teilbd. 1, Hälfte 1). Berlin 1923, S. 193–196.
- 31 Simpson, George Clarke: Chief Results of the Meteorological Observations made on Captain Scott's British Antarctic ("Terra Nova") Expedition 1911 and 1912. In: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 40, 1914, S. 221–228; ders.: British Antarctic Expedition 1910–1913: Meteorology. Vols. 1–3. Calcutta 1919.
- 32 Hann, Julius [Ferdinand von]: Dr. G.C. Simpson: Einige Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der zweiten antarktischen Expedition von Kapitän R.F. Scott. In: Meteorologische Zeitschrift 31, 1914, S. 62–67; Barkow, Erich: Über die Meteorologie des südlichen Rossmeeres und die Meereshöhe des Südpolargebietes. In: Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 44, 1916, S. 316–329; ders.: Die meteorologischen Ergebnisse der zweiten Britischen Antarktischen Expedition 1910–1913. In: Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 49, 1921, S. 305–315, 347–356; Conrad, Viktor: Bericht über G.C. Simpson, Britische antarktische Expedition 1910 bis 1913. In: Meteorologische Zeitschrift 38, 1921, S. 193–199.
- 33 Simpson, George Clarke: Scott's Polar Journey and the Weather. Oxford 1926.
- 34 Barkow 1916 (wie Anm. 32), Barkow 1921 (wie Anm. 32).
- 35 Barkow 1916 (wie Anm. 32), S. 326.

- 36 Barkow, Erich: Vorläufiger Bericht über die meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911/12. (= Abhandlungen des Königlich-Preußischen Meteorologischen Instituts, Bd. 4, Nr. 11). Berlin 1913; ders.: Die Ergebnisse der Drachen- und Ballonaufstiege der Deutschen Antarktischen Expedition 1911 bis 1912. In: *Meteorologische Zeitschrift* 37, 1920, S. 346; ders.: Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911–1912. (= Abhandlungen des Preußischen Meteorologischen Instituts, Bd. 7, Nr. 6). Berlin 1924.
- 37 Nachrufe von Stade, Hermann: Erich Barkow †. In: *Meteorologische Zeitschrift* 40, 1923, S. 113f., und Robitzsch, Max: Nachruf auf E. Barkow. In: *Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts* 320, 1924, S. 35–38.
- 38 Schneider-Carius (wie Anm. 17), Abb. 63, S. 124.
- 39 Barkow 1924 (wie Anm. 36).
- 40 Flohn, Hermann: Zum Klima der freien Atmosphäre über Sibirien. In: *Meteorologische Zeitschrift* 61, 1944, S. 50–57; wieder in: *Meteorologische Rundschau* 1, 1947, S. 75–79; ders.: Zur Aerologie der Polargebiete. In: *Meteorologische Rundschau* 5, 1952, S. 81–87, 121–128.
- 41 Flohn 1952 (wie Anm. 40), S. 82.
- 42 Barkow 1920 (wie Anm. 36).
- 43 Schwerdtfeger, Werner: The Climate of the Antarctic. In: *World Survey of Climatology* 14, 1970, S. 253–355, hier S. 275.
- 44 Barkow, Erich: Untersuchungen über die Struktur des Windes. In: Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts 1912, Anhang, S. 58–77. Vgl. auch Körber, Hans-Günther: Die Geschichte des Meteorologischen Observatoriums Potsdam. (= Geschichte der Meteorologie in Deutschland, Bd. 2). Offenbach 1993, S. 109ff.
- 45 Taylor, Geoffrey Ingram: The Spectrum of Turbulence. In: *Royal Society of London Proceedings, Series A*, Vol. 164, February 1938, S. 476–490.
- 46 Barkow, Erich: Über die thermische Struktur des Windes. In: *Meteorologische Zeitschrift* 32, 1915, S. 97–109.
- 47 Hesselberg, Theodor, und Sverdrup, Harald Ulrik: Die Reibung in der Atmosphäre. In: *Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig*, 2. Serie, H. 1, 1915, S. 241–309.
- 48 Barkow, Erich: Windänderung mit der Höhe und Turbulenz. In: *Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie* 45, 1917, S. 1–6.
- 49 Ebd.
- 50 Barkow 1924 (wie Anm. 36), S. 26ff.
- 51 Vgl. Miethe/Hergesell (wie Anm. 19) und auch die Übersicht bei Samoilowitsch (wie Anm. 3) für den Zeitraum bis zur Arktisfahrt des LZ 127 im Jahre 1931.
- 52 Schneider-Carius, Karl: Der Schichtenbau der Troposphäre. In: *Meteorologische Rundschau* 1, 1947, S. 79–83.
- 53 Schneider-Carius, Karl: Der Inversionstyp der Grundsicht. In: *Meteorologische Rundschau* 1, 1947, S. 226–228.
- 54 Barkow 1924 (wie Anm. 36).
- 55 Schneider-Carius (wie Anm. 52).
- 56 Lüdecke 2007 (wie Anm. 23).
- 57 Wegener, Drachen- und Fesselballonaufstiege (wie Anm. 24).
- 58 Schmauß (wie Anm. 26).
- 59 Schönermark, Eberhard von: *Peppopause und Witterung am Rande Ostantarktikas im Jahre 1963*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Geophysikalischen Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig. Leipzig 1966.
- 60 Voroncov, Petr A.: Metody aerologičeskich issledovanij pograničnogo sloja atmosfery. Leningrad 1960, S. 107, 428.
- 61 Vgl. den Abschnitt »Untersuchungen im Südpolargebiet«.
- 62 Nitzschke, Peter: Die Temperaturverhältnisse in der freien Atmosphäre über dem Südpolargebiet im Jahre 1963. (= Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Karl-Marx-Universität Leipzig, Bd. 19, H. 1). Berlin 1966.
- 63 Börngen, Michael, Foken, Thomas, und Hupfer, Peter: 50 Jahre Grundsicht der Troposphäre. Eine Erinnerung an Karl Schneider-Carius und das Geophysikalische Institut der Universität Leipzig. In: *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 12, 2004, S. 201–212.
- 64 Schneider-Carius (wie Anm. 17).
- 65 Handorf, Dörthe: Zur Parametrisierung der stabilen atmosphärischen Grenzschicht über einem antarktischen Schelfeis. (= Berichte zur Polarforschung, H. 204). Bremerhaven 1996.

Danksagung:

Der Verfasser dankt Frau Dr. Cornelia Lüdecke für Hinweise zum Manuskript, Herrn Dr. Michael Börngen für Literaturangaben, Herrn Dr. Eberhard von Schönermark für die Möglichkeit der Einsicht in seine Diplomarbeit und Herrn Dipl.-Phys. Klaus-Peter Steiger für technische Unterstützung bei der Wiedergabe der Abbildungen.

The Study of the Polar Tropospheric Boundary Layer Prior to the Second International Polar Year 1932/33

Summary

In the period between the two polar years 1882/83 and 1932/33, the classical captive and sounding balloon ascent methods developed at aerological observatories were also employed in the polar regions. It was only in the period leading up to the second Polar Year that radiosonde ascents and aircraft sounding came into use as new methods of aerological research.

In the North Polar region, vertical temperature, humidity and wind profiles in the boundary layer were developed overseas (Arthur Berson, Hermann Elias, Hugo Hergesell) and in Greenland (Max Robitzsch, Alfred Wegener and others) during the early decades of the twentieth century with the aid of kite, captive and sounding balloon ascents. Here special attention was paid to cloud and inversion layers as well as to the catabatic wind then described for the first time. Various types of boundary layers, among them the extreme stratification conditions during the polar night, were also found by George Clarke Simpson and Erich Barkow in the Antarctic. Barkow's micrometeorological measurements, including the registration of turbulent temperature fluctuations, are worthy of particular mention.

Sur l'exploration de la couche limite troposphérique polaire avant la deuxième Année polaire internationale 1932/1933

Résumé

Entre les deux Années polaires de 1882/1883 et 1932/1933, les procédures d'ascension de ballons captifs et de ballons-sondes classiques, développés et testés dans des observatoires aérologiques, ont également été mis en service dans les régions polaires au cours d'expéditions, avant que s'y ajoutent, préalablement à la deuxième Année polaire, de nouveaux moyens de recherche aérologique, tels que les ballons radiosondes et les sondages par aéronef.

Dans la région du pôle Nord, au cours des premières décennies du XX^e siècle, des profils verticaux de température, d'humidité et de vent ont été établis grâce aux ascensions de cerf-volants, de ballons captifs et de ballons-sondes au-dessus de la mer (Arthur Berson, Hermann Elias, Hugo Hergesell) et du Groenland (entre autres Max Robitzsch et Alfred Wegener) dans la couche limite ainsi que dans les vents catabatiques décrits pour la première fois, en respectant particulièrement les couches de nuages et l'inversions. Différents types de couche limite, parmi lesquels d'extrêmes rapports de couches durant la nuit polaire, furent découverts par George Clarke Simpson et Erich Barkow dans l'Antarctique également, les relevés micrométéorologiques de Barkow, y compris l'enregistrement des fluctuations turbulentes de la température méritant tout particulièrement d'être soulignés.